

УДК 551.21

## ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНА ЭБЕКО (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА) В 2016–2017 гг.

© 2018 Т.А. Котенко, Е.И. Сандимирова, Л.В. Котенко

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006;  
e-mail: sias2011@rambler.ru*

Приводятся данные о двух эксплозивных извержениях вулкана Эбеко в 2016–2017 гг.: 19–20 октября 2016 г. и с 8 ноября 2016 г. по конец августа 2017 г. Второе извержение продолжается. Эруптивный материал поступал из трех жерл: одного в Активной воронке и двух на дне Среднего кратера. Исследованы химический, минеральный и гранулометрический составы тефры. По составу тефры, которая представлена резургентным материалом, извержения классифицируются авторами как фреатические. Дается оценка состава и объема газовой эмиссии. Общая масса изверженного материала за рассмотренный период составила чуть больше 1.5 млн т.

*Ключевые слова:* вулкан, Эбеко, извержение, тефра, фреатический, резургентный, газ.

### ВВЕДЕНИЕ

Вулкан Эбеко (50° 41'с.ш., 156° 01'в.д.) является частью хребта Вернадского на о-ве Парамушир, Курилы. Абсолютная высота вершины 1156 м (рис. 1). Современный конус вулкана Эбеко сложен молодыми постледниковыми лавами андезитов и андезибазальтов, перемежающимися с пирокластикой (Горшков, 1967; Мелекесцев и др., 1993а; Опыт ..., 1966). Формирование современной постройки (Мелекесцев и др., 1993а) началось около 2400 лет назад, когда наряду с поступлением пирокластики происходило излияние лавовых потоков. Все последующие извержения вулкана были эксплозивными, а все события XX и XXI в.в. отнесены к фреатическому или фреато-магматическому типу (Котенко и др., 2010, 2012; Мелекесцев и др., 1993б). По имеющимся представлениям, предпосылки для периодических извержений вулкана создаются наличием гидротермально-магматической системы в недрах хребта Вернадского над комплексом интрузивных питающих тел с кровлей на глубине около 2.5 км под современной постройкой и процессами самоизоляции этой системы (Белоусов и др., 2002; Рычагов и др., 2002).

В задачи исследования входило: изучение особенностей эруптивной активности вулкана Эбеко в 2016–2017 гг. для расширения знаний о

современных геологических процессах, а также оценка количества изверженных продуктов и их транзита в контексте вулканопасности для прилегающей территории. В 6 км от вулкана расположен г. Северо-Курильск (рис. 1), поэтому мониторинг вулканической активности имеет важное практическое значение.

Визуальные наблюдения за ходом извержений 2016–2017 гг. выполнялись непосредственно авторами статьи.

### ДИНАМИКА ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА ЭБЕКО В 2016–2017 гг.

**Активность 19–20 октября 2016 г.** Первое извержение произошло 19–20 октября 2016 г. Пепловые шлейфы 19 октября наблюдались после 19 часов сахалинского времени (UTC+11) уже в сумерках на фоне облачного неба и были сначала восприняты авторами как газовые. На следующий день отложения выпавшего пепла стали хорошо видны на снегу в направлении на восток от кратеров (постоянный снежный покров к этому времени установился выше высоты 600 м н.у.м.). 20 октября наблюдались три пепловых шлейфа из Среднего кратера: в 9:30, 13:02, 14:10 сахалинского времени. Высота оси шлейфа составляла 800 м над кратером, продолжительность событий 3–10 мин. Параметры шлейфов: длина 9–10 км, ориентация на восток

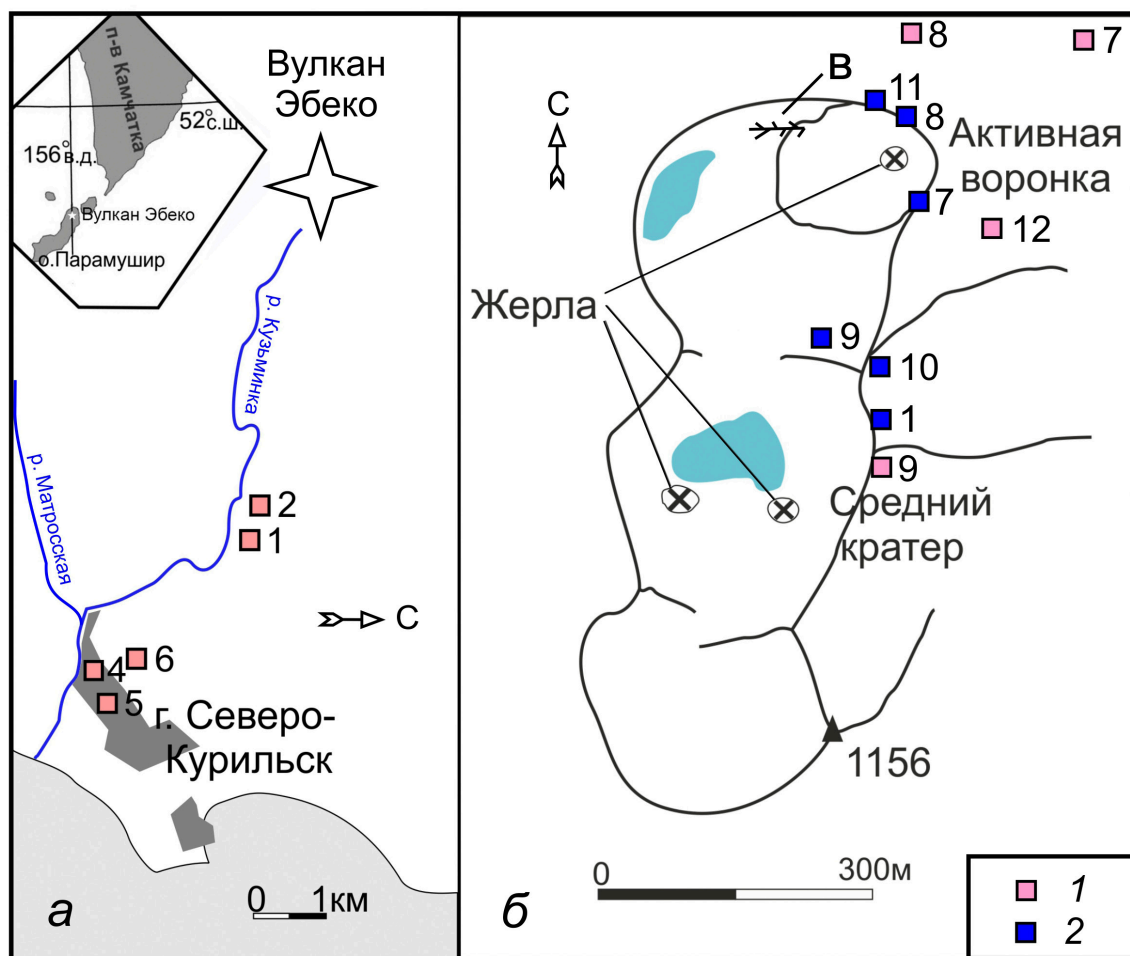


Рис. 1. Схема отбора проб пепла на расстоянии (а) и вблизи кратеров вулкана Эбеко (б): 1 — пробы 2016 г.; 2 — пробы 2017 г. В — цепочка фреатических взрывов.

и северо-восток. В секторе от высоты 700 м до уровня моря размерность выпавшего пепла была менее 0.063 мм. С 19 октября активность вулкана Эбеко по визуальным и спутниковым данным стала освещаться на странице Камчатской группы реагирования на вулканические извержения (KVERT) (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/volc.php?name=Ebeko>), вулкану был присвоен желтый цветовой код, означающий, что вулкан проявляет признаки повышения активности выше известного уровня фона.

Со второй половины дня 20 октября до 8 ноября вершина вулкана была постоянно закрыта облачностью. Преобладало северо-западное и западное направление ветра (в сторону г. Северо-Курильск), город периодически накрывало удушливыми волнами вулканических газов, но пеплопады не наблюдались. Отложений пепла в снежном покрове вблизи кратеров до 8 ноября не обнаружено. По мнению авторов, первое извержение закончилось 20 октября 2016 г.

**Эруптивная активность с 8 ноября 2016 г.** Второе извержение началось 8 ноября 2016 г. — первый взрыв зафиксирован авторами в 3:30 UTC. Извержение продолжается уже более года.

С момента начала извержения пепловые выбросы наблюдались почти каждый день, их точное количество в сутки неизвестно, так как вершина не открывалась более чем на несколько часов. Максимальное зафиксированное расстояние разноса пепла составило 40 км, максимальная высота подъема пепловой колонны над кратером, которую удалось наблюдать — 2.8 км, продолжительность событий от 1 до 40 минут. Наибольшую повторяемость имела продолжительность поступления пепла в течение 8–10 минут. Особенностью извержения стала эруптивная деятельность в двух кратерах одновременно — Среднем и Активной воронке (АВ) (рис. 1, 2, 3б). В Среднем кратере изначально действовали два жерла. Пепел поступал из жерл разных кратеров как поочередно, так и одновременно.

В АВ субгоризонтальное жерло расположено в восточной стенке выше дна на 30 м (жерло извержения 2009 г.). Из жерла наблюдается постоянная мощная эмиссия пара и газов с температурой на выходе ~500°C: параметры дегазации по данным (Котенко и др., 2012; Kalacheva et al., 2016) и авторским данным за 2013–2016 гг. стабильны с 2009 г. по настоящее время.

Периодически в парогазовой струе появляется примесь пепла, скорость потока увеличивается максимум до 75 м/с, тогда вместе с пеплами выбрасываются отдельные крупные обломки на расстояние до 200 м. Во время пепловых выбросов на расстоянии 100–200 м от жерл (а для особенно сильных событий — на расстоянии до 1 км) ощущается вибрация почвы. Сильные пепловые выбросы сопровождаются низким гулом, который слышен иногда на расстоянии 6–7 км от вулкана.

В Среднем кратере активные жерла находились на дне кратера (рис. 2б) — это воронки, образовавшиеся в результате фреатических извержений в 2011 г. (Котенко и др., 2012). Оба жерла прекратили действовать в конце мая 2017 г. (последнее событие зафиксировано камерой наблюдения 28 мая), после чего скрылись под водой холодного озера, заполнившего кратер (рис. 3а). Озеро образовалось в результате снеготаяния. Диаметры воронок до извержения составляли 20 и 27 м (Котенко и др., 2012). После взрывов из воронок наблюдалось спокойное выделение газов со скоростью струи 4–5 м/с. Из Среднего кратера взрывы были мощнее, чем из АВ, наблюдалось большее содержание пепла в

эруптивных колоннах и большая высота подъема пеплового облака при близких метеоусловиях. Предыдущее сильное извержение в Среднем кратере относится к 1934–1935 гг. (Tanakadate, 1936). В 2016 г. по наблюдениям авторов термальная активность в кратере отсутствовала.

С 1 до 13 февраля вершина вулкана была закрыта, на высоте кратера преобладали северо-восточные и северные направления ветра, визуальные наблюдения были невозможны. С 13 февраля до последних чисел мая частота взрывов составляла 10–15 за 12 часов (в светлое время суток). Предположительно (если допустить сохранение частоты событий) в течение суток могло происходить от 20 до 30 эксплозий. После 28 мая, когда активным осталось одно жерло в АВ, частота пепловых выбросов сократилась до 6–10 за 12 час. Никакой четкой периодичности в повторяемости пепловых выбросов не наблюдалось. 29 августа было обнаружено, что бровка АВ с северо-западной стороны разрезана рвом, образованным цепочкой фреатических взрывов (рис. 3в, 3г). Глубина взрывных воронок составляла от 2 м до 12 м, длина рва — 20 м. Из воронок наблюдалось спокойное выделение газа, которое сохранялось и в дальнейшем.



**Рис. 2.** Эруптивная активность в 2017 г.: в Среднем кратере 20 января (а); два жерла в Среднем кратере (б); в Среднем кратере и АВ 12 апреля в 04:08:49 UTC и в 04:09:38 UTC соответственно (в) и (г); жерло в АВ (д). Фото Т.А. Котенко (а, б) и Л.В. Котенко (в–д).





Рис. 3. Средний кратер 18.07.2017 г. (а); АВ 29.08.2017 г. (б); цепочка воронок фреатических взрывов (в, г). Ж — местонахождение западного жерла. Ф — цепочка воронок фреатических взрывов, приуроченная к северо-западной бровке АВ, напротив нее — жерло извержения в АВ.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТОВ ИЗВЕРЖЕНИЙ

Продукты извержений 2016–2017 г. представлены пеплами, разноразмерными обломками пород постройки, вулканическими газами.

**Вещественный состав тефры.** Образцы тефры отбирались на расстоянии от 50 м до 10 км от кратеров (рис. 1). Гранулометрический состав тефры определялся стандартным ситовым методом (табл. 1). Основная масса тефры дальнего разноса представлена пеплами алевроитовой и пелитовой фракций, кроме пеплопада 24 ноября (проба 4/16): 40 % тефры, выпавшей на расстоянии 7 км от кратеров, составил мелко-зернистый песок в основном размером 0.2–0.5 мм. В пробах 12/16 и 10/17, взятых вблизи кратеров (рис. 1), значительную часть составил крупнообломочный материал (50.0–0.2 мм). Дальность выброса более крупных обломков размерности лапилли была ограничена радиусом около 300 м от жерл. Обломки пород размером до 30 см встречаются на расстоянии не далее 200 м от кратеров.

Минеральный состав пепла определялся под биноклем: во всех фракциях, кроме фракции <0.063 мм, 45–70% от общего количества зерен представлено полупрозрачными обломками полевых шпатов, доля которых в пробе увеличивается с уменьшением размера фракции, пепел приобретает все более светлый оттенок. От 10% до

30% в разных фракциях — частично раскристаллизованные обломки полупрозрачного стекла серого цвета из базиса пород (количество уменьшается с уменьшением фракции). Полевые шпаты и стекло содержат микровключения магнетита, иногда находятся в сростании с бурым и зеленым пироксенами. Пироксены содержат включения магнетита. Встречаются немногочисленные самостоятельные зерна магнетита неправильной формы и единичные зерна желтоватого оливина, а также измененные обломки беловатой, розоватой и рыжеватой окраски с включениями микрокристаллов пирита. Частицы пепла имеют изометричную форму. Во всех фракциях, кроме фракции <0.063 мм, встречаются хорошо оформленные кристаллы плагиоклазов и пироксенов. Во фракции <0.063 мм около 90–95% от объема фракции представлено пылеватыми частицами светло-серого цвета. Около 5–10% — очень мелкие зерна темноцветных минералов, которые присутствуют в виде вкраплений в пылевой массе. Из темноцветных минералов отчетливо различаются рудный минерал черного цвета (магнетит) и мельчайшие кристаллики пирита.

Все более крупные обломки (бомбы и лапилли) — материал из постройки вулкана. Они представлены андезитами-андезибазальтами и частично или полностью изменены. На поверхности и в порах наблюдаются отложения солей из возгонов в виде: хрупких налетов

**Таблица 1.** Гранулометрический состав пеплов извержений вулкана Эбеко в 2016–2017 гг., % (размер фракции в мм).

Проба	Дата отбора	50.0–2.0	2.0–1.0	1.0–0.5	0.5–0.2	0.2–0.125	0.125–0.063	<0.063
4/16	25.11.16		0	0.3	21.7	13.6	20.6	43.7
6/16	1.12.16		0	0	9.5	9.1	22.3	59.0
7/16	9.12.16		0.2	1.2	12.4	13.0	23.7	49.5
8/16	10.12.16		0	0.4	4.2	9.3	20.4	65.7
9/16	10.12.16		0	0	2.69	4.3	20.6	72.4
12/16	23.12.16	31.2	8.9	18.2	25.9	4.0	3.7	8.1
1/17	12.01.16		0.4	0.8	8.3	7.5	18.1	64.9
7/17	19.04.17	4.8	7.4	15.4	22.8	16.1	7.7	25.7
8/17	30.06.17	1.8	1.7	5.5	19.6	28.7	18.0	24.8
9/17	30.06.17	5.3	5.1	7.7	13.3	13.9	13.9	40.7
10/17	29.08.17	37.9	8.4	10.2	9.7	9.5	7.2	17.0
11/17	29.08.17	0.2	1.0	4.1	11.2	13.4	14.0	56.1

белого цвета; хрупких щеток прозрачных игольчатых кристаллов; сернистых отложений зеленовато-желтоватого цвета; тонкодисперстного пирита серого цвета; гидроокислов железа буровато-красноватого и сиреневато-вишневого цвета; корок белого с бурым цвета (за счет гидроокислов железа), сложенных пластинчатыми кристаллами гипса.

Таким образом, минералы, обнаруженные при изучении изверженных продуктов, представлены двумя группами. Первую составляют породообразующие минералы основных и средних магматических пород: полевые шпаты, пироксены, оливин, магнетит. Вторая группа представлена гидротермальными минералами постмагматического генезиса: это гипс, пирит, сера, халцедон. Ювенильные частицы в пеплах отсутствуют: пеплы содержат фрагменты твердых горных пород, раздробленных во время извержения. Эти фрагменты не содержат пор и имеют блоковую форму. Все это свидетельствует об отсутствии магматической компоненты в продуктах извержений и резургентной природе тефры.

Свежевыпавшая тефра имеет андезитовый состав (табл. 2, рис. 4). Наиболее кислый пепел был отобран на бровке Среднего кратера (проба 9/16). Содержание серы (табл. 2) в пробах невелико, повышенное количество (0.62–0.74 масс.%) отмечается в пробах, собранных вблизи кратеров.

**Распространение пеплов.** Область выпадения крупных обломков пород, составляющих резко подчиненное значение в общей массе выбрасываемого материала, была ограничена расстоянием до 200 м от жерл. Область распространения тонких пеплов, как известно, контролируется высотой взрывов, скоростью и направлением ветра на уровне кратера и в слое кратер — верхняя кромка всплывающего облака, в меньшей

степени (при слабом ветре) — температурной стратификацией атмосферы, то есть наличием задерживающих слоев инверсии и изотермии (Иванов, 1988; Федотов, 1982). Для отслеживания частоты, мощности и смещения пепловых шлейфов 13 февраля 2017 г. в г. Северо-Курильск была установлена видеокамера Brino с функцией интервальной съемки, предоставленная Д.В. Мельниковым. Интервал съемки составлял 10 с. При наличии видимости видеосъемка позволяла восстановить все взрывы, их последовательность, мощность и продолжительность в светлое время суток.

Мониторинг пепловых шлейфов спутниковыми методами для района Северных Курил осуществляется группой KVERT, а также Консультативным центром по вулканическому пеплу Японского метеорологического агентства (Tokyo VAAC), (<http://ds.data.jma.go.jp/svd/vaac/data/vaac>). Данные методы наблюдения были малоэффективны по ряду причин: небольшой мощности пепловых взрывов; кратковременного поступления пепла (в среднем около 10 мин); редкостью малооблачной погоды. Кроме того, пепловые шлейфы быстро рассеивались, поэтому лишь единичные из них были зафиксированы со спутников. К примеру, в период с 8 ноября по 8 декабря 2016 г. по спутниковым данным KVERT пепловые шлейфы в районе вулкана не фиксировались (Гирина и др., 2017), авторами непосредственно в этот период только в светлое время суток наблюдались 28 пепловых выбросов. На малую эффективность спутникового мониторинга за динамикой извержений вулкана Эбеко в 2016 г. указывают и А.В. Рыбин с соавторами (2017).

Тонкий пепел первого извержения отложился в двух направлениях: на восток и северо-восток на расстояние до 9–10 км от кратеров.

Таблица 2. Химические составы пеплов извержений вулкана Эбеко в 2016–2017 гг., масс. %.

проба	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ппп	Сумма	S
1/16	59.80	0.61	16.10	1.03	5.63	0.11	5.69	1.60	2.88	1.94	0.16	3.56	99.11	0.69
2/16	60.40	0.60	16.10	1.12	5.31	0.11	5.67	1.62	2.90	1.96	0.16	3.30	99.25	0.63
4/16	59.90	0.61	16.60	0.54	5.98	0.15	6.16	2.49	3.36	2.14	0.15	1.70	99.77	0.21
6/16	60.70	0.57	17.40	0.11	5.46	0.11	5.62	1.87	3.62	2.17	0.15	1.90	99.68	0.26
7/16	59.10	0.63	16.60	1.01	5.55	0.12	5.86	1.86	3.24	2.06	0.16	3.04	99.23	0.57
8/16	58.60	0.59	16.60	1.13	5.52	0.10	5.59	1.54	3.31	1.97	0.14	4.09	99.18	0.74
9/16	60.50	0.60	17.00	0.21	5.47	0.08	4.94	1.42	3.29	2.05	0.16	3.52	99.25	0.62

Примечание. Химический состав пеплов определен в Аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН на рентгенофлуоресцентном спектрометре «S4 PIONEER» (аналитики Е.В. Карташева, Н.Ю. Курносова, Н.И. Чеброва, В.М. Рагулина). ппп — потери при прокаливании.

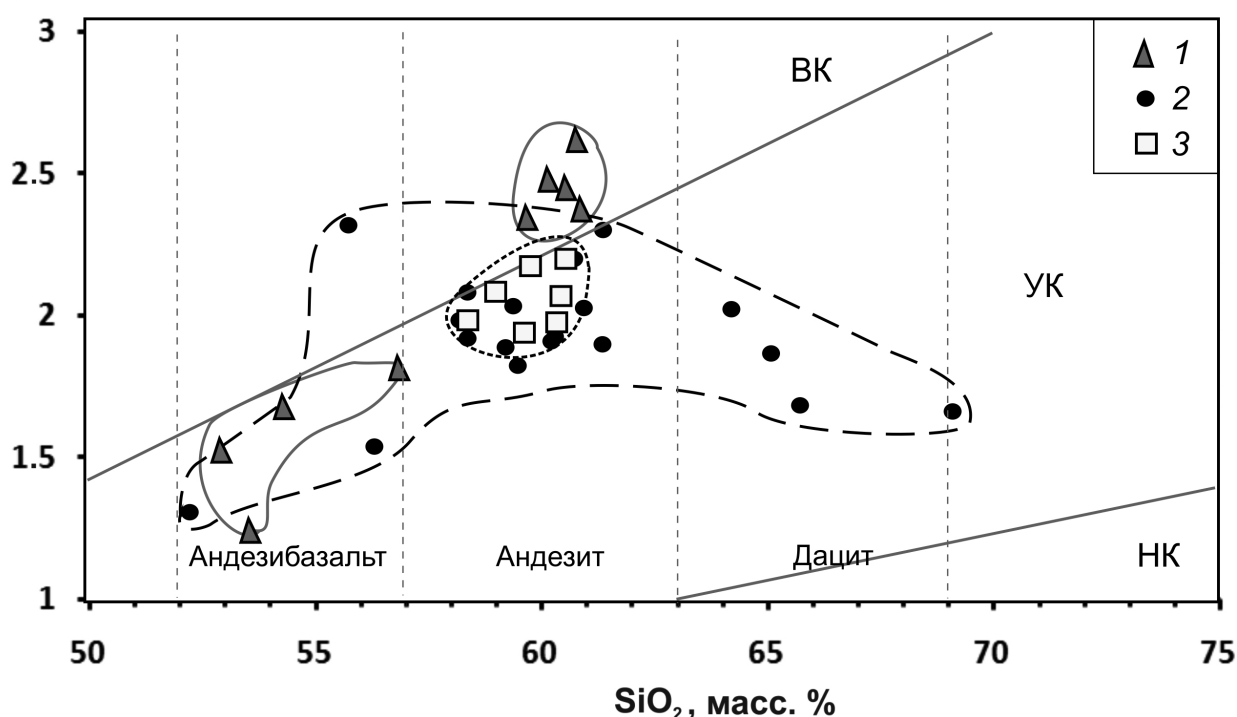
K<sub>2</sub>O, масс. %

Рис. 4. Классификационная геохимическая диаграмма K<sub>2</sub>O–SiO<sub>2</sub> (Le Maitre et al., 1989) для изверженных пород вулкана Эбеко: 1 — лавы (Мелекесцев и др., 1993а), 2 — пеплы исторических извержений (Котенко и др., 2010, 2012; Мелекесцев и др., 1993а, 1993б), 3 — пеплы извержений 2016–2017 гг. ВК, УК и НК — высоко-, умеренно- и низкокалиевые поля соответственно.

Большая продолжительность второго извержения и переменные направления ветра на уровне кратера определили сложную картину разноса пепла. Для периода времени с 8.11.2016 г. по 30.04.2017 г. характерна наибольшая повторяемость направления потоков в секторе 272–338° со скоростью в диапазоне 10–20 м/с (рис. 5а), что определило преобладающее направление смещения пепловых и аэрозольных шлейфов на восток и юго-восток. К примеру, на территории г. Северо-Курильск в разрезе снежного покрова за период с 24.11.2016 г. по 3.01.2017 г. отложились слои 24 пеплопадов. Рассчитанная нагрузка от отдельных пеплопадов в пределах города варьировала в диапазоне 0.8–58.0 г/м<sup>2</sup>. В последующий

период (рис. 5б) до конца августа 2017 г. преобладающую повторяемость имели направления ветра в секторе 320–350° на фоне увеличения юго-западных, южных и юго-восточных направлений. Кроме того, наблюдалась тенденция снижения скорости потока, что обеспечивало разнос пепла на более короткие расстояния. Для оценки количества тefры, поступившей из эруптивных жерл за 10 месяцев извержения, были взяты полевые данные нагрузки по 120 точкам с максимальным удалением от вулкана 40 км. Было выделено 30 сегментов с близкими значениями нагрузки, в том числе сегменты 1–25 в прикратерной зоне (табл. 3, рис. 6). Результирующее значение массы выпавшего пепла составило более 1.5 млн тонн.



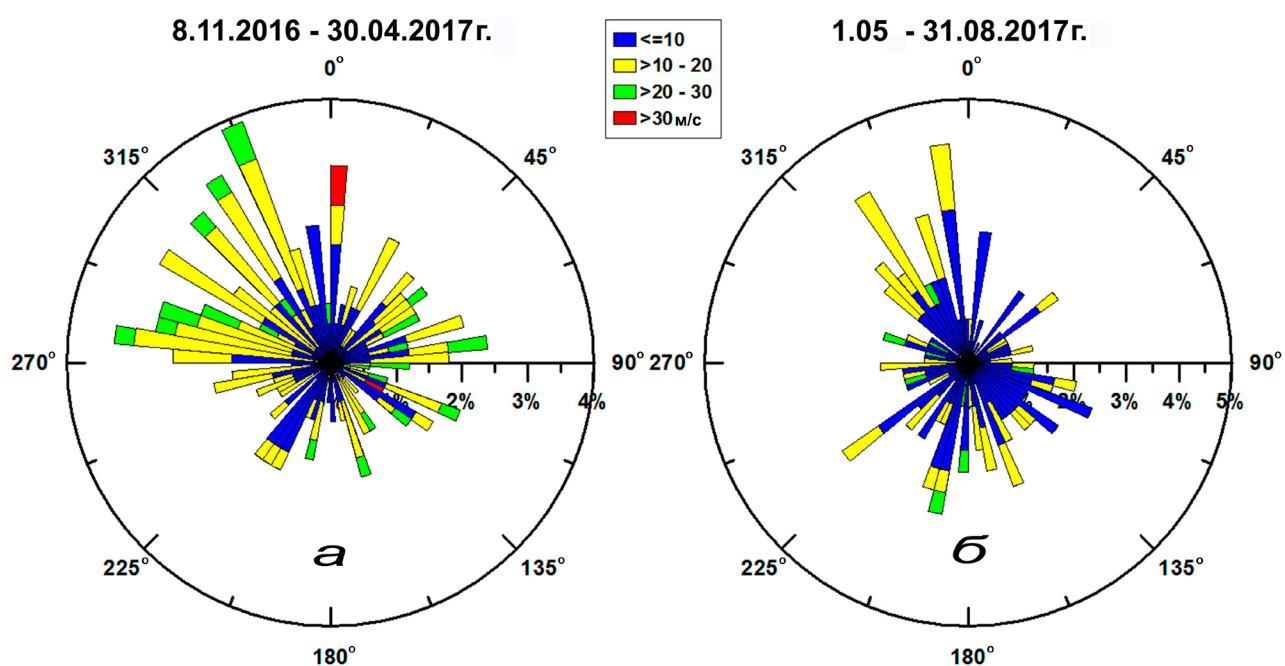


Рис. 5. Розы ветров на высоте кратера вулкана Эбеко по данным аэрологической станции «Северо-Курильск».

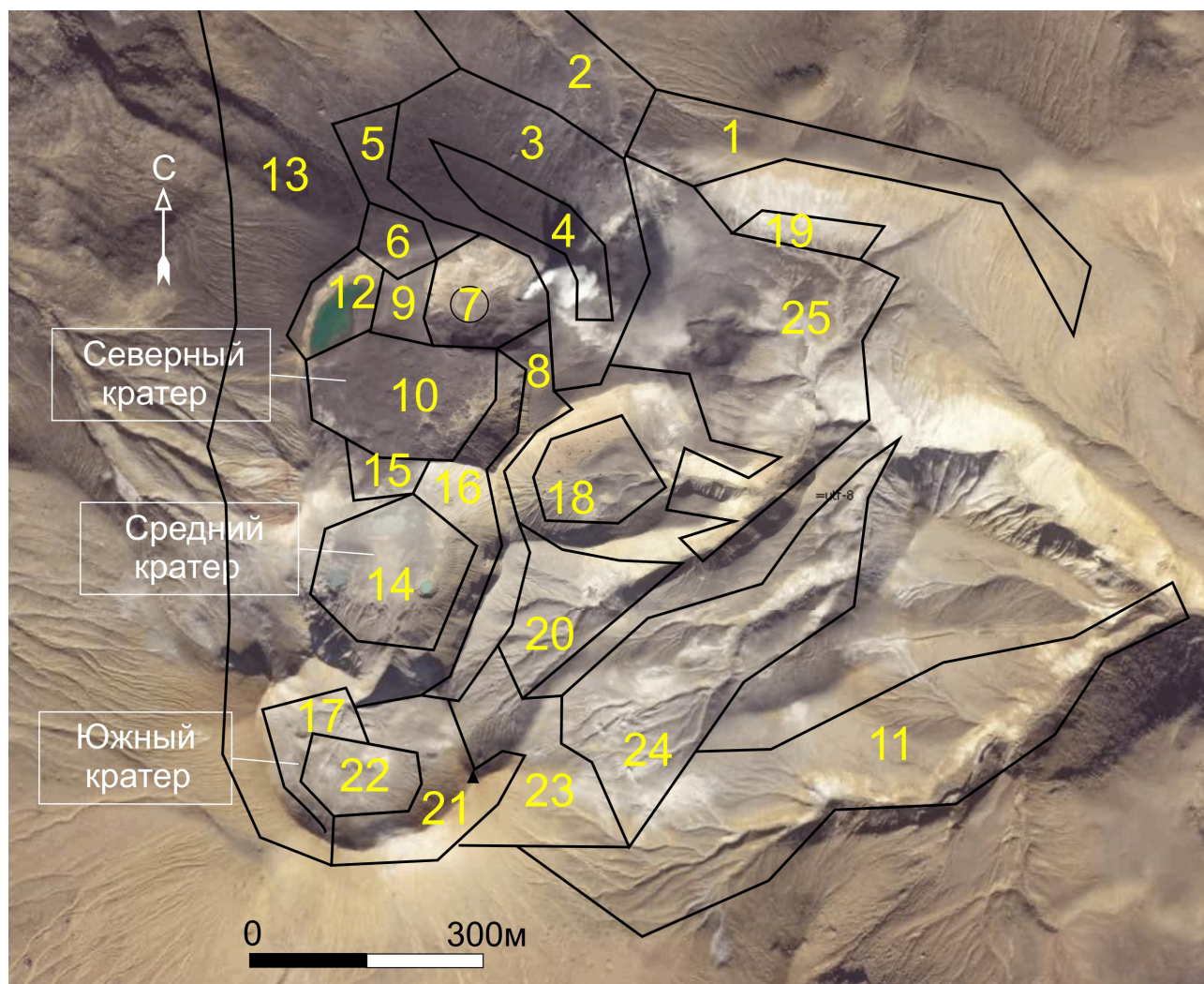


Рис. 6. Схема выбора сегментов для расчета количества выпавшей тефры в прикратерной зоне.

Таблица 3. Расчет количества изверженной тefры.

№ сегмента	Площадь, тыс. м <sup>2</sup>	Нагрузка, кг/м <sup>2</sup>	Σ, тыс. т
1	1016.9	50	50.8
2	29.6	115	3.4
3	26	500	13
4	14.6	870	12.7
5	10.9	400	4.3
6	7.5	100	0.7
7	2.5	10000	25.6
8	19.1	694	13.2
9	7.1	82	0.6
10	25.5	150	3.8
11	14.1	50	0.7
12	8.3	90	0.7
13	115.7	40	4.6
14	35.3	900	31.8
15	3.1	150	0.5
16	10.1	40	0.4
17	13.0	320	4.2
18	18.7	350	6.6
19	11.1	100	1.1
20	20.7	400	8.3
21	15.9	21	0.3
22	11.4	65	0.7
23	24.9	31	0.8
24	12	132	1.6
25	69.8	350	24.4
26	5900	20	118
27	24200	16	387.2
28	41500	7	290.5
29	105.8	2	0.2
30	2.8·10 <sup>6</sup>	0.2	560
Σ(1-30)			1571

*Характеристика газовой эмиссии.* Вулкан Эбеко характеризуется постоянной мощной фумарольной активностью, не прекращающейся во время его извержений (Котенко и др., 2010, 2012; Меняйлов и др., 1988, 1992). Расход газовой разгрузки до последних извержений по данным авторов (в 2015–2016 гг.) составлял в среднем 23.5 кг/с. С началом эруптивной активности вулкана не произошло изменение фонового расхода (в промежутках между сильными газовыми продувками и пепловыми выбросами). Распространение газовых шлейфов также, как и пепловых, контролировалось розами ветров (рис. 5). Наибольшую повторяемость в период с ноября по апрель имело поражение вулкани-

ческими газами юго-восточного и восточного секторов относительно кратерной зоны вулкана. В эту область попадает непосредственно и г. Северо-Курильск. В мае-августе благодаря смене ветрового режима на летний тип повторяемость западных ветров снизилась и уменьшилась частота достижения вулканическими газами черты города и продолжительность воздействия.

Величина расхода газовой разгрузки во время пепловых взрывов оценивается авторами в 0.2–0.5 т/с. При весовом содержании в газовой смеси SO<sub>2</sub> ~ 8.8% из жерл АВ и Среднего кратера с T ~ 500°C за 10 минут эмиссии, сопряженной с выбросом пепла, могло выделяться от 10 до 26 т сернистого газа. С этими расчетами достаточно хорошо согласуются данные спутникового мониторинга инструментами OMI (Ozone Monitoring Instrument) спутника AURA (<https://so2.gsfc.nasa.gov/pix/daily>): неоднократно фиксировались области повышенного содержания SO<sub>2</sub> (рис. 7) с общей массой 12–26 т, площадью покрытия от 500 км<sup>2</sup> до ~ 428 тыс. км<sup>2</sup> и DU (единица Добсона — Dobson Units) в диапазоне 0.56–1.64. Одна единица Добсона равна 0.01 мм толщины сжатого слоя озона при 0°C или 2.69·10<sup>20</sup> молекул озона на квадратный метр. Типичное фоновое значение концентрации SO<sub>2</sub> в атмосфере составляет ≤ 1 DU. Сравним фоновую газовую эмиссию с эруптивной, для чего используем допущение, что в сутки происходит 25 пепло-газовых выбросов длительностью 10 минут и средней разгрузкой 0.35 т/с. Тогда эруптивная эмиссия в сумме составит около 5250 т/сутки. Фоновая эмиссия всех газовых проявлений вулкана составляет 23.5 кг/с, из которых ~ 80% приходится на долю высокотемпературной разгрузки из Активной Воронки и Среднего кратера (около 1624 т/сутки). Для расчета будем опираться на состав газов за 2.09.2016 г., то есть за полтора месяца до первого извержения (табл. 4). Состав газов получен в результате прямого опробования парогазовых выходов и анализа по методике В. Гиггенбаха и Р. Гогеля (Giggenbach, Goguel, 1989). Для отбора фумарольных газов применялись ампулы Гиггенбаха с щелочным поглотителем (4М раствор NaOH) и кварцевая газоотборная трубка. Величина эмиссии определялась по высоте плюма и средней скорости ветра на высоте кратера по методике, предложенной С.А. Федотовым (1982). Рассчитанная по приведенным данным эруптивная разгрузка превышает фоновую высокотемпературную разгрузку вулкана Эбеко более чем в 3 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спокойное состояние вулкана Эбеко прервано двумя фреатическими извержениями:



первое наблюдалось 19–20.11.2016 г., второе началось 8 ноября 2016 г. и все еще продолжается. Изверженный материал представлен резургентными пеплами псаммо-пелитовой размерности, вблизи кратеров — обломками пород постройки весом до 4 кг. До 28 мая наблюдалась одновременная активность трех жерл: одного в Активной воронке и двух в Среднем кратере. Сильная эруптивная активность не наблюдалась в Среднем кратере 82 года. Масса выброшенной тefры составила к концу августа 2017 г. более 1.5 млн тонн.

Воздействие на окружающую среду данных извержений однозначно является негативным. Экологическая обстановка в прилегающем районе резко ухудшена за счет следующих хорошо известных факторов:

- выпадение пепла в течение длительного промежутка времени, дальнейший разнос пепла ветром (вторичное загрязнение), вредное воздействие преобладающей мельчайшей фракции пеплов на здоровье человека;
- периодическое воздействие на население токсичных компонентов вулканического газа ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$ ) в черте г. Северо-Курильск и в его окрестностях;
- сохраняется угроза схода лахаров (Мелесцев и др., 1993б) в случае изменения характера извержения и выброса кратковременно значительного количества горячей пирокластики. Реальность достижения черты г. Северо-Курильск селевым потоком печально подтверж-

дена событиями 4 сентября 2017 г.: в этот день сошли водокаменные сели дождевого генезиса по р. Матросская и Кузьминка, вызванные очень сильными осадками (выход тайфуна «Санву»). Селевой поток из р. Кузьминка прорвался под склоном сопки по левому борту и прошел по всему городу, нанеся значительные разрушения инфраструктуре и имуществу граждан. Второй сел сошел по р. Матросская, полностью засыпал водосборник плотины, разрушив два моста и превратив долину реки в каменную пустыню на протяжении 600 м.

Несомненно, вулканическая деятельность представляет реальную опасность для жителей г. Северо-Курильск. В плане предупреждения и защиты населения за последние годы наблюдается положительная динамика:

- изменена структура водоснабжения г. Северо-Курильск, благодаря чему нет угрозы загрязнения пеплом питьевой воды, которая поступает теперь из подземного водозабора;
- в г. Северо-Курильск установлена станция «СКАТ» (измерительный комплекс контроля качества атмосферы), которая в июне 2017 г. начала работать в тестовом режиме;
- благодаря настойчивой просветительской работе авторов (лекции для населения, статьи в местной печати), жители г. Северо-Курильск стали применять средства защиты органов дыхания от вулканических газов и пепла; а также учитывать прогноз направления ветра, предоставляемый Сахалинским управлением

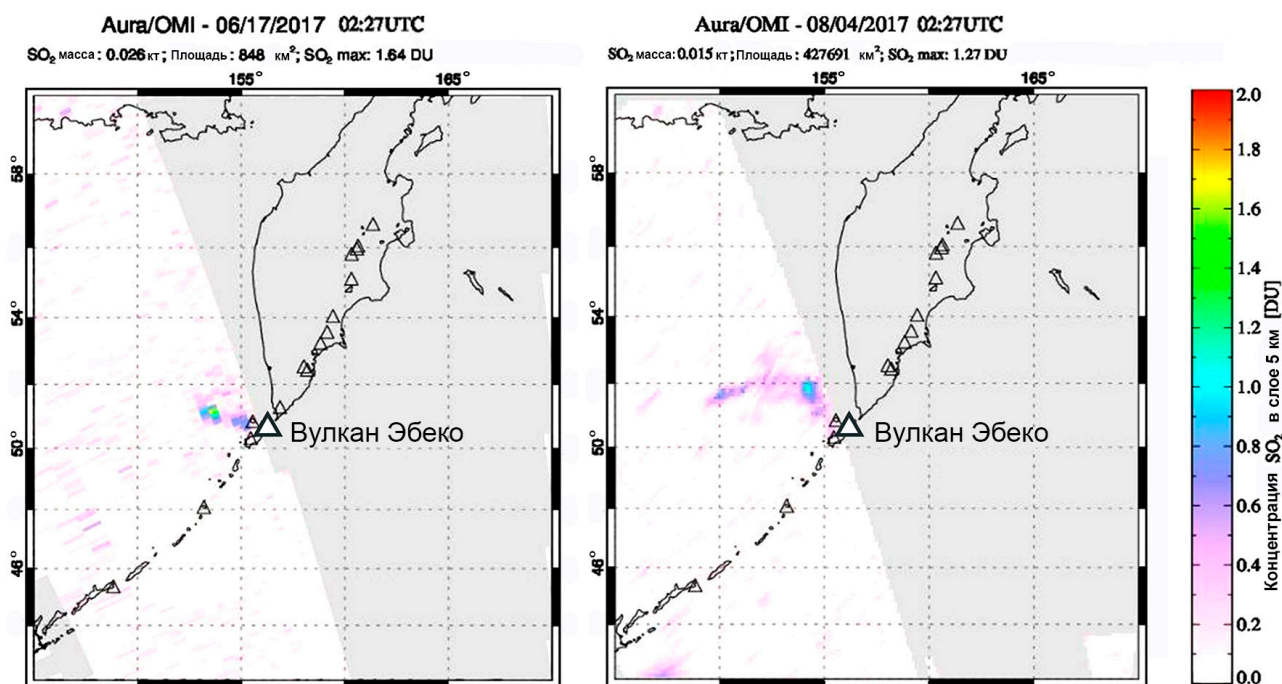


Рис. 7. Зарегистрированные повышенные концентрации  $\text{SO}_2$  в единицах Добсона (DU) с установленными параметрами шлейфов за 17 июня и 4 августа 2017 г. по данным спутникового мониторинга инструментами OMI (Ozone Monitoring Instrument) спутника AURA.

**Таблица 4.** Основные компоненты в составе газов влк. Эбеко (вес. %) и величина их эмиссии в т/сутки.

Компо- ненты	Вес. %	Фоновый расход, т/сутки	Эруптивный расход, т/сутки
H <sub>2</sub> O	86.2	1400	4527
CO <sub>2</sub>	3.0	49	157
SO <sub>2</sub>	8.8	143	462
H <sub>2</sub> S	0.7	12	38
HCl	1.3	20	66
Сумма	—	1624	5250

Примечание. Хроматографический анализ выполнен В.И. Гусевой (лаборатория постмагматических процессов Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН), химический — в аналитическом центре Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, аналитик Л.Н. Гарцева.

по гидрометеорологии и контролю природной среды, для уменьшения личной и имущественной уязвимости.

Для защиты от лахаров г. Северо-Курильск и объектов, расположенных в зоне опасности за пределами городской черты пока ничего не сделано. Поэтому крайне необходима разработка инженерных мер противоселевой защиты (селеулавливающих дамб и направляющих противоселевых стенок на реках Матросская и Кузьминка) и их возведение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-05-00007а).

#### Список литературы.

Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология. 2002. № 1. С. 34–50.

Гирина О.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В. и др. Активность вулканов Камчатки и Северных Курил в 2016 г. по данным KVERT // Материалы XX региональной научной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвящённой Дню вулканолога, 30–31 марта 2017 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 8–10.

Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.

Иванов В.В. Об облаках парогазовых извержений и фумарол // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 37–50.

Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандимирова Е.И. и др. Извержение вулкана Эбеко в январе-

июне 2009 г. (о-в Парамушир, Курильские острова) // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2010. № 1. Вып. 15. С. 56–68.

Котенко Т.А., Котенко Л.В., Сандимирова Е.И. и др. Эруптивная активность вулкана Эбеко в 2010–11 гг. (о-в Парамушир) // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2012. № 1. Вып. 19. С. 160–167.

Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 1 // Вулканология и сейсмология. 1993а. № 3. С. 69–81.

Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю. и др. Вулкан Эбеко (Курильские о-ва): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 2 // Вулканология и сейсмология. 1993б. № 4. С. 24–41.

Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Будников В.А. Активность вулкана Эбеко в 1987–1991 гг.; характер извержений, особенности их продуктов, опасность для г. Северо-Курильск // Вулканология и сейсмология. 1992. № 5–6. С. 21–33.

Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н. Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 21–36.

Опыт комплексного исследования района современного и новейшего вулканизма (на примере хр. Вернадского о. Парамушир) // Труды СахКНИИ СО АН СССР. 1966. Вып. 16. 206 с.

Рыбин А.В., Чибисова М.В., Дегтерев А.В. Активность вулканов Курильских островов в 2016 г. // Вестник КРАУНЦ. Серия «Науки о Земле». 2017. № 1. Вып. 33. С. 83–88.

Рычагов С.Н., Белоусов В.И., Главатских С.Ф. и др. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: характеристика глубокого геологического разреза и модель современного минералорудообразования в ее недрах // Вулканология и сейсмология. 2002. № 4. С. 3–21.

Федотов С.А. Оценки выноса тепла и пирокластики вулканическими извержениями и фумаролами по высоте их струй и облаков // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 3–28.

Giggenbach W.F., Goguel R.L. Collection and analysis of geothermal and volcanic water and gas discharges // New Zealand DSIR Chem. Division Report 2387, 1989. 55p.

Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A. et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, Oxford, 1989. 235 p.

- Kalacheva E.G., Taran Y.A., Kotenko T.A. et al.* Volcano-hydrothermal system of Ebeko volcano, Paramushir, Kuril Islands: geochemistry and solute fluxes of magmatic chlorine and sulfur // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2016. V. 310. P. 118–131.
- Tanakadate H.* Volcanic activity in Japan during the period between July 1934 and October 1935 // *Japan. J. of Astronomy and Geophysics*. 1936. V. 13. № 2. P. 121–139.

## THE 2016–2017 ERUPTIONS OF EBeko VOLCANO (KURILES ISLANDS)

**T.A. Kotenko, E.I. Sandimirova, L.V. Kotenko**

*Institute of Volcanology and Seismology, Far East Branch Russian Academy of Sciences,  
Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

The article presents data on two explosive eruptions produced by Ebeko Volcano 19 to 20 October, 2016 and over the period from November 8, 2016 till the end of August 2017. The latter eruption continues. The material was erupted from three vents: one vent is located in the Active funnel and two vents are at the bottom of Middle crater. The authors analyzed the chemical, mineral, and granulometric compositions of tephra. The studied tephra does not contain magmatic components. The authors classify the eruptions as phreatic. The paper provides the assessment of the composition and volume of gas emission. The gross total volume of the erupted material was estimated to exceed 1.5 million tons.

*Keywords: volcano, Ebeko, eruption, tephra, phreatic, resurgent, gas.*